

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Dalam diagram kestabilan api dan *flammability limit* terdapat batas rasio ekuivalen Φ terkecil (pada saat debit udara maksimal) dimana reaktan dapat menyala dalam *combustor* yang dikenal sebagai *batas bawah*. Sedangkan batas rasio ekuivalen Φ terbesar yang mana reaktan dapat menyala dalam *combustor* disebut *batas atas*. Data debit bahan bakar (Q_{bb}), dan debit udara (Q_{udara}) pada batas atas dan bawah *flammability limit* ditunjukkan pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.3

Tabel 4.1 Debit bahan bakar & udara dimana api dapat menyala dalam *meso-scale combustor* dengan *single wire mesh*

No	Q_{bb} (mL/min)	Q_{udara} (mL/min)	Ket	Q_{bb} (mL/min)	Q_{udara} (mL/min)	Ket
1	8,75	180	Batas atas	20	370	Batas atas
		230	Batas bawah		510	Batas bawah
2	10	210	Batas atas	22,5	410	Batas atas
		270	Batas bawah		530	Batas bawah
3	12,5	250	Batas atas	25	450	Batas atas
		350	Batas bawah		> 550	-
4	15	290	Batas atas	27,5	500	Batas atas
		450	Batas bawah		> 550	-
5	17,5	330	Batas atas			
		480	Batas bawah			

Tabel 4.2 Debit bahan bakar & udara dimana api dapat menyala dalam *meso-scale combustor* dengan *double wire mesh*

No	Q _{bb} (mL/min)	Q _{udara} (mL/min)	Ket	Q _{bb} (mL/min)	Q _{udara} (mL/min)	Ket
1	8,75	220	Batas atas	20	360	Batas atas
		250	Batas bawah		550	Batas bawah
2	10	220	Batas atas	22,5	420	Batas atas
		300	Batas bawah		> 550	-
3	12,5	260	Batas atas	25	450	Batas atas
		400	Batas bawah		> 550	-
4	15	300	Batas atas	27,5	490	Batas atas
		450	Batas bawah		> 550	-
5	17,5	340	Batas atas	30	540	Batas atas
		520	Batas bawah		> 550	-

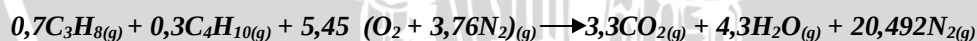
Tabel 4.3 Debit bahan bakar & udara dimana api dapat menyala dalam *meso-scale combustor* dengan *triple wire mesh*

No	Q _{bb} (mL/min)	Q _{udara} (mL/min)	Ket	Q _{bb} (mL/min)	Q _{udara} (mL/min)	Ket
1	10	210	Batas atas	22,5	400	Batas atas
		300	Batas bawah		> 550	-
2	12,5	250	Batas atas	25	440	Batas atas
		380	Batas bawah		> 550	-
3	15	290	Batas atas	27,5	490	Batas atas
		470	Batas bawah		> 550	-
4	17,5	350	Batas atas	30	550	Batas atas
		530	Batas bawah		> 550	-
5	20	370	Batas atas			
		550	Batas bawah			

Pada penelitian ini *flowmeter* udara yang digunakan mempunyai batas skala untuk pengukuran debit udara hingga 500 mL/menit. Tetapi batas maksimal debit udara dapat mencapai 550 mL/menit jika pengukuran dilakukan dengan ekstrapolasi skala yang ada. Dilihat dari tabel 4.1, 4.2 dan 4.3, pada *combustor* dengan *single wire mesh* saat debit bahan bakar 25 mL/menit, debit udara sudah mencapai 550 mL/menit dan api stabil dalam *combustor*. Sedangkan pada *combustor* dengan *double* dan *triple wire mesh*, debit udara telah menunjukkan 550 mL/menit pada saat debit bahan bakar 22,5 mL/menit. Dalam ketiga *combustor* tersebut, kemungkinan besar api tetap stabil dalam *combustor* bila debit bahan bakar diperbesar. Tetapi dalam penelitian ini debit bahan bakar maksimal yang bisa dialirkan melalui *flowmeter* udara adalah 550 mL/menit. Sehingga dari data pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 terdapat beberapa debit bahan bakar yang tidak dapat ditentukan batas bawahnya.

4.2 Perhitungan Data

Pembakaran stoikiometri adalah pembakaran dimana semua atom dari pengoksidasi bereaksi secara kimia untuk menjadi berbagai produk. Pengoksidasi yang paling lazim adalah udara yang untuk berbagai keperluan dapat dianggap sebagai campuran dari 21% oksigen dan 79% nitrogen (fraksi mol atau volume) (Wardana:2008). Jadi persamaan stoikiometri dari LPG (campuran 70% propana dan 30% butana) dengan udara adalah:



Persamaan diatas berarti campuran 0,7 mol propana dan 0,3 mol butana direaksikan dengan 5,45 mol udara menghasilkan 3,3 mol gas CO₂, 4,3 mol air (H₂O) dan 20,492 mol Nitrogen (N₂).

4.2.1 Rasio Udara dan Bahan Bakar (AFR)

Rasio udara/bahan bakar (*air-fuel ratio*) dari suatu reaksi dinyatakan seperti pada persamaan berikut:

$$AFR_{Stoic} = \frac{N_{udara}}{N_{bahan\ bakar}}$$

$$AFR_{Stoic} = \frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}}$$

dimana N adalah jumlah mol sedangkan M adalah massa molekul.

Berdasarkan persamaan stoikiometri untuk proses pembakaran LPG (70% propane dan 30% butane) diperoleh rasio udara dan bahan bakar sebagai berikut:

$$AFR = \frac{N_{udara}}{N_{bahan\ bakar}} = \frac{5,45 (1 + 3,76)}{(0,7 + 0,3)} = 25,942 \frac{mol\ udara}{mol\ bahan\ bakar}$$

Berdasarkan hukum Avogadro, pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas dengan volume yang sama mengandung jumlah mol yang sama. Sehingga perbandingan mol sama dengan perbandingan volume. Nilai AFR dinyatakan dalam perbandingan volume dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

Parameter yang digunakan:

- Massa jenis udara pada temperatur 27 °C dan tekanan 0,1 MPa adalah 0,0012 gram/ cm³.
- Massa jenis propane dan butane pada temperatur 29 °C dan tekanan 0,1 MPa adalah 0,00183 gram/ cm³ dan 0,00248 gram/ cm³.
- Massa jenis LPG yang terdiri dari 70 % propane dan 30 % butane adalah 0,002024 gram/ cm³.

Mencari massa udara dan bahan bakar:

- **Massa udara** = **n x Mr**
 = 5,45 (Mr O₂ + 3,76 Mr N₂)
 = 5,45 [32 + (3,76 x 28)]
 = 5,45 (137,28)
 = 748,176 gram

- **Massa bahan bakar** = $n \times M_r$
 $= 0,7 M_r C_3H_8 + 0,3 M_r C_4H_{10}$
 $= [0,7 (36 + 8)] + [0,3 (48 + 10)]$
 $= 30,8 + 17,4$
 $= 48,2 \text{ gram}$

Dari persamaan, $\rho = m / V$ dapat dicari volume, yaitu $V = m / \rho$

- $V_{\text{udara}} = m / \rho_{\text{udara}}$
 $= 748,176 / 0,0012$
 $= 623.480 \text{ cm}^3$
- $V_{\text{bahan bakar}} = m / \rho_{\text{bahan bakar}}$
 $= 48,2 / 0,002024$
 $= 23.814,23 \text{ cm}^3$

Setelah mengetahui nilai volume antara bahan bakar dan udara maka perbandingan volume dapat diketahui

- $V_{\text{udara}} : V_{\text{bahan bakar}}$
 $623.480 : 23.814,23$
 $26,18 : 1$

Pada perhitungan yang telah dituliskan di atas didapat nilai AFR berdasarkan perbandingan mol sebesar 25,942 : 1. Sedangkan nilai untuk perbandingan volume yang ditentukan dari massa molekul dan densitasnya adalah 26,18 : 1. Karena perbandingan mol dan perbandingan volume nilainya tidak begitu berbeda maka pada penelitian ini menggunakan nilai AFR sebesar 25,942 : 1.

4.2.2 Perhitungan Rasio Ekuivalen (Φ)

Rasio ekuivalen didefinisikan sebagai perbandingan antara rasio udara-bahan bakar (AFR) stoikiometrik dengan rasio bahan bakar - udara (AFR) aktual sebagai berikut :

$$\Phi = \frac{AFR_{Stoic}}{AFR_{act}}$$

Untuk menghitung rasio ekuivalen dapat dilakukan dengan cara berikut:

- Menentukan AFR aktual dapat dicari dengan menggunakan perbandingan debit udara dan bahan bakar. Misalkan berdasarkan tabel 4.1 pada kolom nomor 2 api dapat menyala stabil di dalam *combustor* dengan *single wire mesh* pada debit bahan 10 mL/min dan dipilih debit udara 210 mL/min, maka:

$$AFR_{act} = \frac{\text{debit udara}}{\text{debit bahan bakar}} = \frac{210 \text{ mL/menit}}{10 \text{ mL/menit}}$$

$$AFR_{act} = 21$$

- Menentukan rasio ekuivalen sebagai berikut:

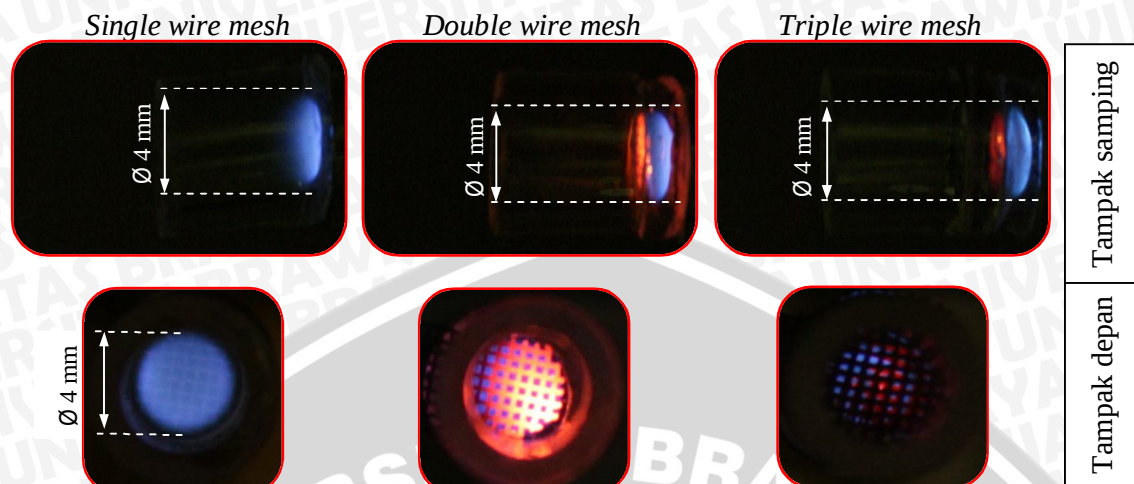
$$\Phi = \frac{AFR_{stoic}}{AFR_{act}}$$

$$\Phi = \frac{25,942}{21}$$

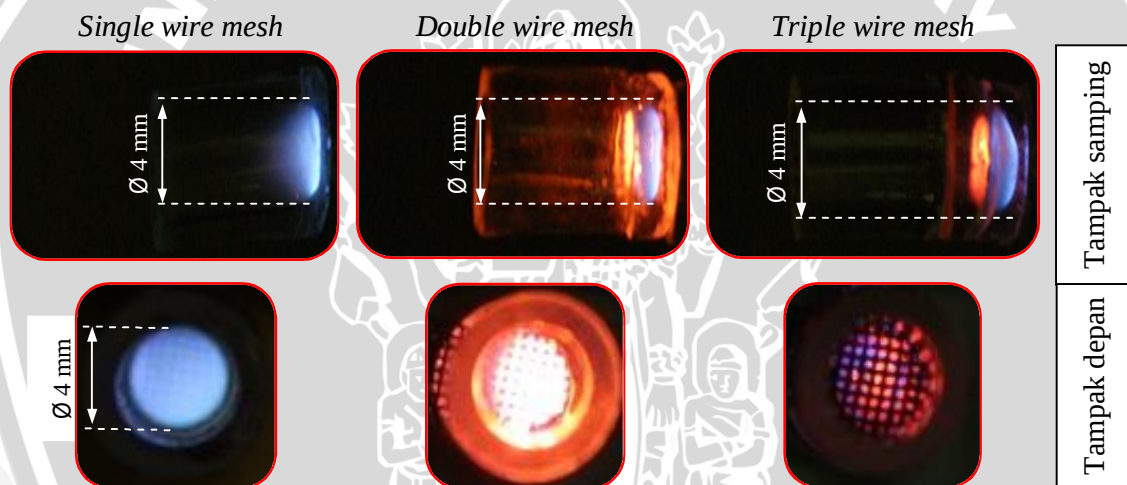
$$\Phi = 1,2353$$

4.3 Visualisasi Nyala Api

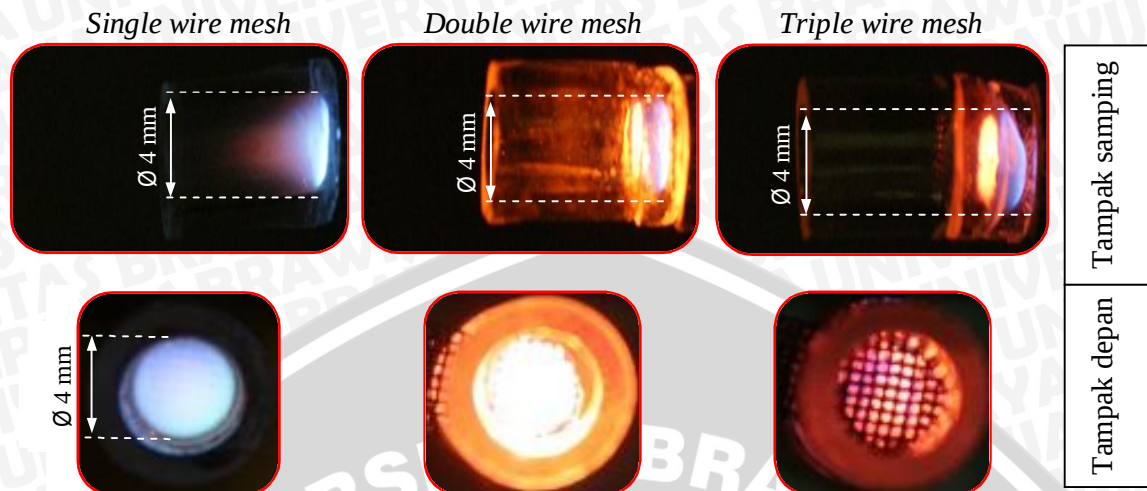
Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 menunjukkan visualisasi api dalam *meso-scale combustor* dengan variasi jumlah *wire mesh*, untuk rasio ekuivalen $\Phi = 1$ dan debit bahan bakar 12,5 mL/menit, 20 mL/menit dan 25 mL/menit. Dilihat dari kiri ke kanan secara berurutan adalah *combustor* dengan *single*, *double* dan *triple wire mesh* dengan pandangan samping dan depan.



Gambar 4.1 Visualisasi api pada debit bahan bakar 12,5 mL/menit dan $\Phi = 1$



Gambar 4.2 Visualisasi api pada debit bahan bakar 20 mL/menit dan $\Phi = 1$



Gambar 4.3 Visualisasi api pada debit bahan bakar 25 mL/menit dan $\Phi = 1$

Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3, pada *combustor* dengan *single wire mesh* api terlihat lebih panjang dibandingkan dengan *double* atau *triple wire mesh*. Hal ini disebabkan pada *combustor* dengan *multiple wire mesh* daerah reaksi pembakaran menjadi terbatas karena adanya *wire mesh* kedua yang mana *wire mesh* kedua akan menyerap kalor yang di hasilkan oleh api pada *downstream wire mesh* pertama sehingga mempengaruhi perubahan bentuk api.

Semakin besar debit bahan bakar maka panjang api pada *combustor* dengan *single wire mesh* akan semakin panjang, tetapi pada *combustor* dengan 2 dan 3 *wire mesh* panjang api relatif tetap. Ini disebabkan, apabila debit bahan bakar (reaktan) terus menerus diperbesar maka kecepatan bahan bakar dan juga udara menjadi lebih besar sehingga akan memperluas daerah reaksinya dan api menjadi lebih panjang. Pada *multiple wire mesh* tidak terjadi demikian karena daerah reaksinya yang sempit dengan adanya *wire mesh* di depannya. Sehingga nyala api terlihat relatif tidak mengalami perubahan bentuk.

Dengan bertambahnya debit bahan bakar (12,5 mL/menit, 20 mL/menit dan 25 mL/menit) maka warna api terlihat semakin terang seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya debit bahan bakar maka energi yang terkandung di dalam api semakin besar sehingga energi yang dihasilkan dalam pembakaran akan besar pula diikuti kenaikan temperaturnya. Kenaikkan temperatur inilah yang menyebabkan warna api terlihat semakin terang. Disisi lain

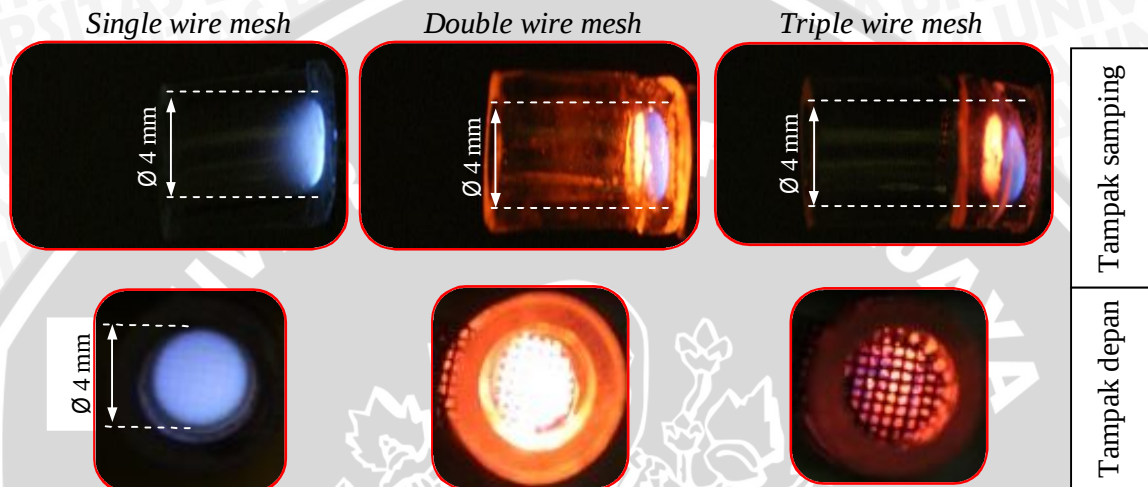
dengan semakin meningkatnya temperatur api, maka bentuk penampang api pada *combustor* dengan *single wire mesh* terlihat membesar. Hal ini dikarenakan *radical quenching* menjadi kecil yang menyebabkan luas penampang api menjadi lebih besar di dalam *combustor*. *Radical quenching* adalah berkurangnya radikal bebas (molekul bermuatan akibat pemutusan ikatan molekul) pada proses pembakaran. Radikal bebas tersebut berperan dalam proses pembakaran karena ketidakstabilan muatannya, sehingga sangat mudah bereaksi dengan molekul lain yang berbeda muatannya. Dengan adanya *radical quenching* maka jumlah atom bermuatan tersebut semakin berkurang sehingga proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Hal ini mengakibatkan temperatur api menjadi rendah dengan diikuti semakin sempitnya luas penampang api pada *combustor*. Sedangkan bentuk penampang api pandangan depan pada *combustor* dengan *multiple wire mesh* tidak dapat terlihat dengan jelas dikarenakan api tertutup oleh adanya *wire mesh* di depannya.

Pada *multiple wire mesh* api bisa menyala stabil pada *downstream wire mesh* pertama, kedua atau ketiga tergantung dimana menyalakannya. Tetapi dalam penelitian ini api distabilkan diantara *wire mesh* pertama dan kedua. Karena jika api dinyalakan pada *wire mesh* pertama maka *wire mesh* yang kedua akan berfungsi sebagai pencegah *blow-off* dari api yang menyala pada *down stream wire mesh* pertama. Sehingga pembakaran yang stabil dapat terjadi pada debit bahan bakar dan udara yang lebih besar. Dengan bertambahnya debit bahan bakar maka energi yang dihasilkan dari proses pembakaran semakin besar. Hal ini akan mengakibatkan kenaikan temperatur api pada *down stream wire mesh* pertama. Dalam penelitian ini *wire mesh* yang kedua berwarna merah menyala. Warna merah ini terjadi karena *wire mesh* kedua menyerap kalor dari api yang terdapat pada *down stream wire mesh* pertama, sehingga temperatur *mesh* kedua menjadi tinggi. Karena *mesh* terbuat dari *stainless steel* kemungkinan terjadinya pembakaran katalitik sangat kecil. Pembakaran katalitik adalah pembakaran yang terjadi pada katalis, dimana pada pembakaran jenis ini tidak terdapat nyala api.

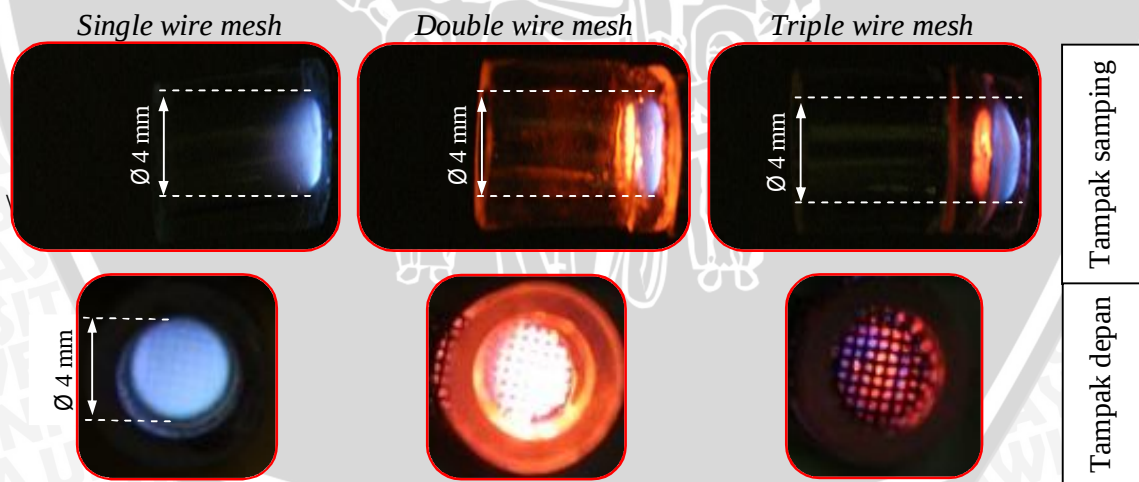
Perbedaan debit bahan bakar mengakibatkan perubahan warna pada *wire mesh*. Warna *wire mesh* kedua dan dinding *combustor* dengan *double wire mesh* terlihat menjadi semakin merah menyala seiring bertambahnya debit bahan bakar. Pada *combustor* dengan *triple wire mesh*, pada *mesh* kedua juga terjadi demikian, yaitu

menjadi merah menyala. Namun pada *mesh* yang ketiga tidak mengalami perubahan warna. Hal ini disebabkan karena letaknya yang jauh dari sumber api bila dibandingkan dengan letak *mesh* yang kedua.

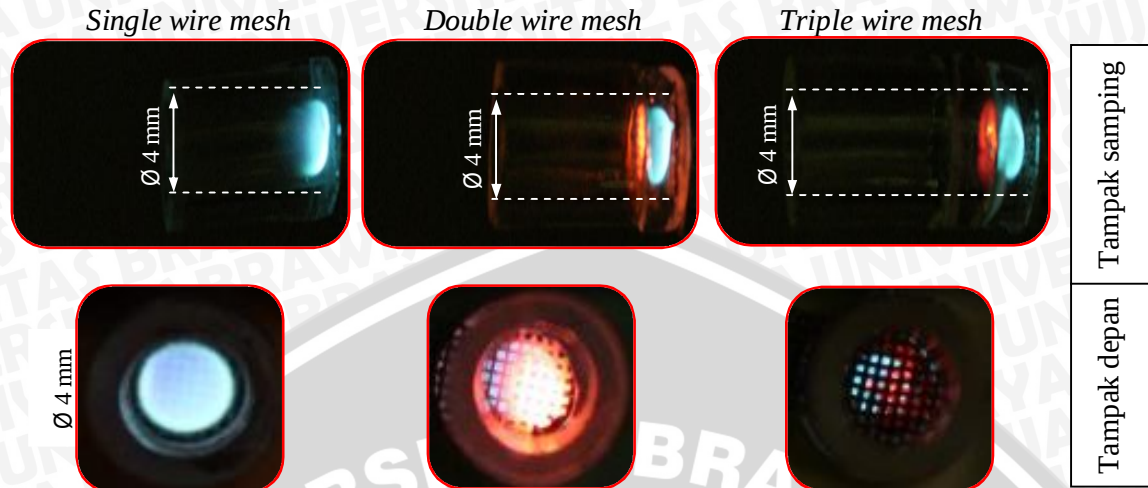
Gambar 4.4, 4.5 dan 4.6 menunjukkan visualisasi nyala api dalam *combustor* dengan variasi jumlah *wire mesh* & rasio ekuivalen pada debit bahan bakar 20 mL/menit.



Gambar 4.4 Visualisasi api pada Rasio ekuivalen (Φ) = 0,8



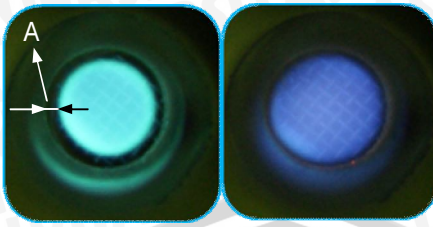
Gambar 4.5 Visualisasi api pada Rasio ekuivalen (Φ) = 1



Gambar 4.6 Visualisasi api pada Rasio ekuivalen (Φ) = 1,2

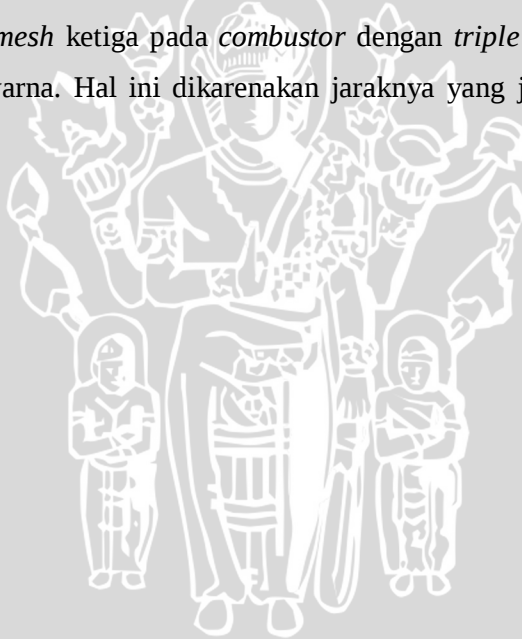
Dari hasil visualisasi api di atas dapat diketahui bahwa warna api hampir sama untuk $\Phi = 0,8$ dan $\Phi = 1$ yaitu biru gelap, karena bahan bakar dapat terbakar sempurna pada saat reaksi pembakaran terjadi. Secara keseluruhan panjang api untuk $\Phi = 0,8$ sedikit lebih besar dibandingkan $\Phi = 1$. Panjang api pada $\Phi = 0,8$ yang lebih besar ini disebabkan kecepatan reaktan yang lebih tinggi dan kecepatan pembakaran rendah (temperatur pembakaran rendah) sehingga daerah reaksi pembakarannya lebih luas (nyala apinya lebih panjang).

Untuk rasio ekuivalen $\Phi = 1,2$ warna api terlihat berwarna biru agak kehijauan dan luas penampangnya lebih kecil. Warna api ini terjadi karena kekurangan udara (O_2) yang berperan sebagai oksidator yang mengakibatkan tidak semua bahan bakar terbakar. Pembakaran yang tidak sempurna ini akan menghasilkan CO dan HC yang memancarkan warna hijau terang pada nyala api (Wardana 2008:8). Hal ini juga akan mengakibatkan menurunnya kecepatan pembakaran dan temperaturnya. Penurunan temperatur mengakibatkan terjadinya *radical quenching* semakin besar yang ditandai dengan sempitnya luas penampang pada api. Pada gambar 4.7 yang ditandai dengan huruf A menunjukkan terjadinya *radical quenching* (ditandai dengan adanya jarak dari api ke dinding *combustor*).



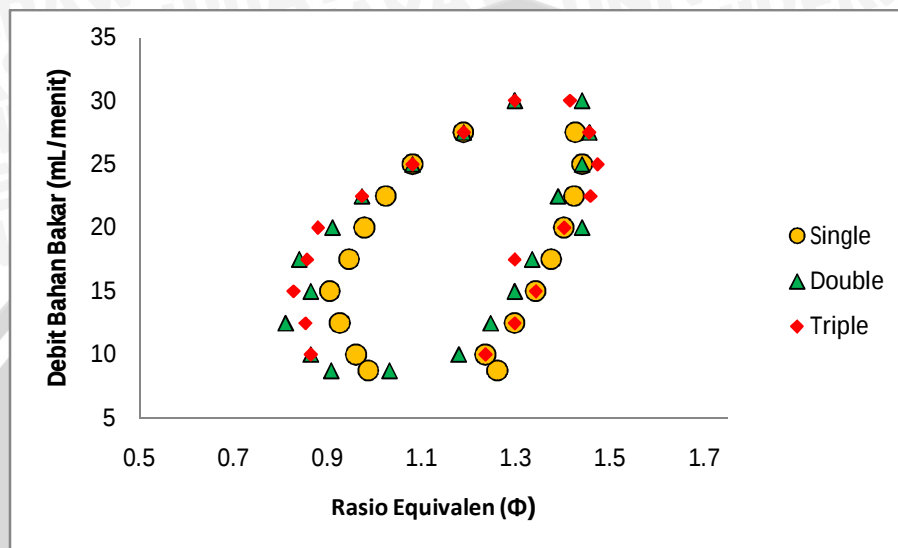
Gambar 4.7 *Radical quenching* yang terjadi pada $\Phi = 1,2$ dan $\Phi = 0,8$ pada combustor dengan *single wire mesh*

Untuk $\Phi = 0,8$ warna *mesh* kedua pada combustor dengan *double wire mesh* paling terang (merah menyala) di karenakan *mesh* kedua menyerap kalor dari api pada *down stream mesh* pertama yang mengakibatkan temperatur *wire mesh* kedua meningkat sehingga warna *mesh* menjadi merah membara. Begitu juga pada combustor dengan *triple wire mesh*, warna *wire mesh* kedua terlihat menyala merah membara. Namun *wire mesh* ketiga pada combustor dengan *triple wire mesh* tidak mengalami perubahan warna. Hal ini dikarenakan jaraknya yang jauh dari sumber api.



4.4 Diagram Kestabilan Api & Grafik *Flammability Limit*

Gambar 4.8 menunjukkan diagram kestabilan api & grafik *flammability limit* pada *meso-scale combustor* dengan variasi jumlah *wire mesh*.



Gambar 4.8 Diagram kestabilan api & *flammability limit* pada *meso-scale combustor* dengan variasi jumlah *wire mesh*.

Grafik di atas menunjukkan perbandingan kestabilan api dan *flammability limit* antara *combustor* dengan 1, 2 dan 3 *wire mesh* yang diukur pada saat api menyala di dalam *combustor* diantara *wire mesh* pertama dan kedua.

Pada grafik *flammability limit* dapat dilihat bahwa batas mampu nyala pada *combustor* dengan *multiple wire mesh* terlihat lebih luas dibandingkan dengan *combustor* dengan *single wire mesh*. Pada *combustor* dengan *multiple wire mesh* api mampu menyala dalam *combustor* hingga rasio ekuivalen di bawah 0,9 yang merupakan rasio ekuivalen terendah yang dapat dicapai pada *single wire mesh* pada saat debit bahan bakar 15 mL/menit, dimana pada *multiple wire mesh* api dapat menyala dalam *combustor* hingga mencapai rasio ekuivalen terendah 0,8 pada debit bahan bakar 12,5 mL/menit. Lebih lanjut, api dapat stabil pada debit bahan bakar dan udara yang lebih besar pada *combustor* dengan *double* dan *triple wire mesh*. Hal ini terjadi dikarenakan dengan adanya *multiple wire mesh* api akan menjadi lebih stabil karena peranan *mesh* kedua untuk mencegah terjadinya *blow off* apabila debit udara atau bahan bakar terus menerus di tambah yang mengakibatkan kecepatan aliran

reaktan lebih besar daripada kecepatan pembakaran. Dengan bertambahnya debit bahan bakar dan udara maka energi yang terkandung di dalam reaktan semakin besar, sehingga energi yang dihasilkan dari proses pembakaran bertambah besar pula.

Dari hasil di atas terlihat bahwa batas bawah (garis grafik sebelah kiri) pada *combustor* dengan *double* dan *triple wire mesh* tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan pada *combustor* dengan *triple wire mesh*, api tidak dapat menyala secara simultan pada *down stream wire mesh* yang pertama dan kedua. Api bisa menyala stabil pada *down stream mesh* pertama, kedua dan ketiga tergantung dimana menyalakannya. Tetapi dalam penelitian ini, api distabilkan diantara *wire mesh* pertama dan kedua. Hal ini dikarenakan api pada *down stream wire mesh* pertama akan lebih stabil pada debit bahan bakar yang lebih besar karena adanya *wire mesh* kedua yang berfungsi sebagai pencegah *blow-off*. Namun apabila api dinyalakan pada *wire mesh* kedua (pada *multiple wire mesh*), *wire mesh* yang pertama tidak akan mempunyai peranan di dalam *combustor*, sehingga fungsi *wire mesh* pada *double wire mesh* sama seperti pada *combustor* dengan *single wire mesh*. Pada *combustor* dengan *triple wire mesh* api dapat dinyalakan dan distabilkan pada *down stream wire mesh* pertama atau *wire mesh* kedua. *Mesh* yang terdapat pada *upstream* api berfungsi sebagai *flame holder* dan *wire mesh* pada *down stream* api berfungsi sebagai pencegah *blow-off*, sedangkan satu *wire mesh* yang lainnya tidak mempunyai peranan yang signifikan terhadap proses pembakaran dan kestabilan api. Sehingga daerah kestabilan api dalam *combustor* dengan *double wire mesh* hampir sama dengan daerah kestabilan api dalam *combustor* dengan *triple wire mesh*.

Dilihat dari batas atas (garis grafik sebelah kanan) di dalam grafik kestabilan api dan *flammability limit* terlihat bahwa *combustor* dengan *single* maupun *multiple wire mesh* tidak mempunyai perbedaan yang signifikan. Karena pada semua *combustor* (*single*, *double*, dan *triple wire mesh*) api distabilkan diantara *down stream wire mesh* pertama dan kedua, maka api tidak mengalami terjadinya fenomena *flashback* karena terdapat *wire mesh* pertama yang berfungsi sebagai *flame holder* dan mencegah terjadinya *flashback* apabila kecepatan reaktan lebih rendah daripada kecepatan pembakaran. Namun jika kecepatan reaktan terus berkurang maka yang terjadi adalah pemadaman pada nyala api atau *fire extinguish* pada *down stream wire mesh* pertama. Dalam hal ini *wire mesh* kedua dan ketiga relatif tidak

mempunyai peranan dalam mencegah terjadinya *flashback*. Sehingga batas atas *flammability limit* pada ketiga *combustor* relatif sama.

Jika dilihat pada batas bawah (garis grafik sebelah kiri) dari grafik *flammability limit* pada *meso-scale combustor* dengan variasi jumlah *wire mesh* terdapat garis lurus mulai debit bahan bakar 25 – 27,5 mL/menit (pada *combustor* dengan *single wire mesh*) dan 22,5 – 30 mL/menit (pada *combustor* dengan *double* dan *triple wire mesh*). Hal ini disebabkan kemampuan dari *flow meter* udara yang digunakan adalah terbatas 500 mL/ menit, tetapi apabila debit pada *flowmeter* terus menerus diperbesar, *flowmeter* dapat mengukur hingga debit 550 mL/menit. Garis lurus pada grafik tersebut terjadi pada saat debit udara sudah mencapai 550 mL/menit (nilai maksimal yang masih bisa dibaca *flowmeter*) tetapi api masih dapat distabilkan di dalam *meso-scale combustor* dengan penambahan tertentu hingga api tidak lagi dapat distabilkan di dalam *combustor*. Sehingga batas bawah pada debit debit bahan bakar 25 – 27,5 mL/menit (pada *combustor* dengan *single wire mesh*) dan 22,5 – 30 mL/menit (pada *combustor* dengan *double* dan *triple wire mesh*) tidak dapat ditentukan letaknya dalam grafik *flammability limit* dan kestabilan api. Sedangkan pada debit bahan bakar 8,75 – 22,5 mL/menit (pada *combustor* dengan *single wire mesh*), 8,75 – 20 mL/menit (pada *combustor* dengan *double wire mesh*) dan 10 – 20 mL/menit (pada *combustor* dengan *triple wire mesh*) batas bawah dapat ditentukan di dalam grafik *flammability limit*, karena debit udara dapat terbaca oleh *flowmeter* udara yang mempunyai kapasitas pengukuran hingga 550 mL/menit. Pada garis grafik sebelah kanan, semua batas atas pada grafik *flammability limit* dapat ditentukan mulai dari debit bahan bakar 8,75 – 30 mL/menit karena debit udara masih dapat terbaca oleh *flowmeter*. Sehingga pada grafik didapatkan data yang utuh.

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa pada *combustor* dengan *single*, *double* dan *triple wire mesh* api dapat menyala stabil di dalam *meso-scale combustor* secara berurut-urut adalah pada debit bahan bakar 8,75 - 27,5 mL/menit, 8,75 - 30 mL/menit dan 10 - 30 mL/menit.